岐 歯 学 誌
29巻3号 209～215
2003年2月



# パワーパルスNd：YAGレーザーによる根管内破折器具の除去

今井 潔 中嶋正人 平田健一
関根一郎
朝日大学歯学部歯科保存学講座（主任：関根一郎教授）
岐阜県本巣郡穂積町穂積1851

**抄録** Nd:YAGレーザーによる根管内破折器具の除去可能性について検討した．まず，Nd:YAGレーザーを900mJ/pulseでステンレス製K型ファイルに直接照射した場合，その先端3㎜は34パルスで確実に光分解された．また，抜去歯根中央部でファイルを人為的に破折させ，それにレーザー照射を行った場合，完全に除去されたものは0，側道形成は7例，レッジ形成は1例，穿孔は0であった．同様に，抜去歯根尖側1/3に破折片が存在する場合，完全に除去されたものは4例，側道形成は2例，レッジ形成は1例，穿孔は1例であった．さらに，根管内へのレーザー照射に伴う根表面の温度上昇はいずれも10℃以下であった．

以上のことから，Nd:YAGレーザーは根管内に破折した器具の除去に有効であることが示唆された．

**キーワード**：Nd:YAGレーザー，ファイル，破折片，除去

## 緒 言

歯内療法処置における偶発症の一つにリーマーやファイルなど根管内切削器具の破折がある．その原因には，術者の不注意や器具の不良，あるいは根管の湾曲や狭窄などの解剖学的形態異常が考えられているが，細心の注意を払っても避けられないことがある．現在，根管内破折器具の除去には，特殊なプライヤーやマセランキットなどを用いて機械的に除去する方法[1]，ヨウ化カリウムや25％トリクロールヨード液などを根管内に貼薬して金属を腐蝕させる化学的な方法[1]および超音波による方法[2,3]などがある．しかし，どの手法を用いても，いまだ効果的な方法が確立されていない．

近年，Nd:YAGレーザーにおいて，そのパルス当たりのピークパワー値を高めた，いわゆるパワーパルスNd:YAGレーザーが新しく開発され臨床応用が期待されている．このNd:YAGレーザーは，従来のものに比べ金属を光分解する作用[4~6]も強くなっていることが考えられる．

そこで，今回我々は，根管内破折器具にNd:YAGレーザーを照射し，その除去の可能性について検討した．

## 材料および方法

実験には，図1に示すようにパワーパルスNd:YAGレーザー（スタットレーズEPY：S. L. T. Japan社製）を用いた．直径400$\mu$mのファイバーを使用し，照射出力は900mJ/pulseの単発照射を行った．本レーザーは従来のものに比べパルス当たりのピークパワー値を高めることにより，パルスあたり900mJの出力を発生し，繰り返しパルス数1～15pulse/secで照射可能となっている．したがって，最大13.5Wの出力を示す．本レーザー装置を用いて以下の実験を行った．

実験1：各種ファイルに対するNd:YAGレーザーの光分解効果

30番のステンレスおよびニッケルチタンK型ファイルの先端3㎜が，レーザー照射により光分解される照射回数を水中で測定した．なお，照射に際しては，ファイル先端部にレーザー光が確実に照射できるようにコンポジットレジンで作製したレジン板（10㎜×40㎜×3㎜）の表面に深さ約0.5㎜の溝をつけ，その溝に沿ってファイルとレーザーのファイバーを突き合わせて照射した（図2）．

実験2：抜去歯根管内の破折ファイルに対するNd:YAGレーザー照射による除去効果

30番のステンレスK型ファイルの先端3㎜のところをダイヤモンドディスクを用いてキズをつけ，これをヒト抜去下顎大臼歯近心根中央部，あるいは，根尖側

（平成15年1月14日 受理）

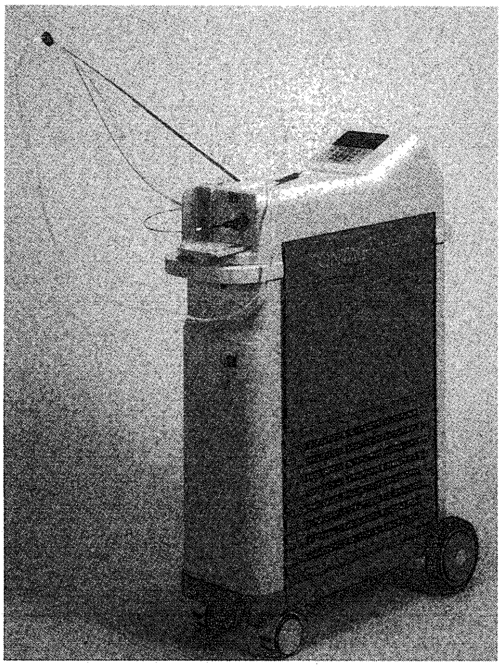


図１．実験に用いたパワーパルスNd:YAGレーザー
（スタットレーズEPY:S. L. T. Japan）

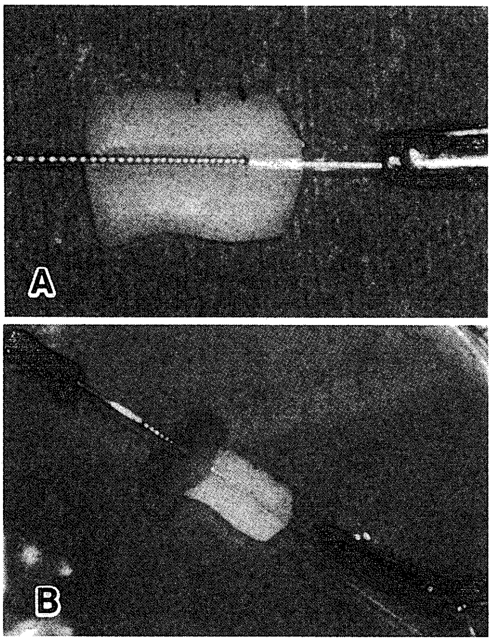



図２．ファイル先端３㎜へのレーザー照射法
Ａ：レジン板につけた溝に沿ってファイルと照射用ファイバーを突き合せた状態
Ｂ：水中下でのレーザー照射

1/3のところまで挿入し，回転操作を加えて人為的に破折させた．この破折片へのレーザー照射を行う前に，破折片断端部までピーソリーマーを用い，根管口を漏斗状に拡大した．次に，レーザーのファイバーを破折片断端部に軽く接触させ，注水下で単発照射を行い，光分解による除去に要する照射回数を測定した．除去の判定は，定期的に15番のKファイルを根管内に挿入し，そのファイルが根尖部に到達したこと，およびX線撮影を行うことにより確認した．また，根管内へのレーザー照射に伴う根表面の温度上昇は，赤外線熱画像装置（AVIO Thermal Video System, TVS-2000ST, 日本アビオニクス社製）を用いた．すなわち，図３に示すように，固定した試料の約60cm離れたところに赤外線熱画像装置を設置し，破折片の除去開始から終了までの温度測定を行った．

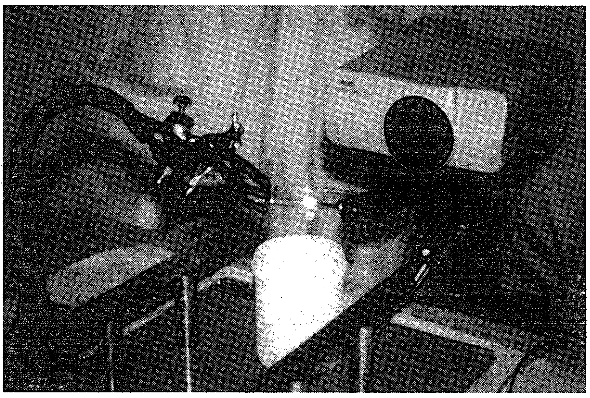


図３．赤外線熱画像装置による根表面の温度測定

## 結　果

実験１の結果を表１に示す．すなわち，ファイル先端部にレーザーを照射し，その先端３㎜を光分解するために必要な照射回数を調べたところ，ステンレスファイルでは平均34.5回，ニッケルチタンファイルでは平均45回の照射が必要であった．

表１．ファイル先端３㎜を光分解するために必要な照射回数

| 試　料 | 照射回数 |
|---|---|
| ステンレスファイル | 34.5± 7.9 |
| Ni : Tiファイル | 45.0±10.2 |

（n＝4）

実験２の結果を表２に示す．すなわち，根中央部でファイルを人為的に破折させ，それにレーザー照射を行った場合の結果である．完全に除去されたものは０，側道形成は７例，レッジ形成は１例，穿孔は０であった．なお，側道形成７例に要したレーザー照射回数は，平均59回であった．また，根表面の温度上昇は平均7.4℃であった．

表３は，根尖側1/3でファイルを人為的に破折させ，レーザー照射を行った場合の結果で，完全に除去されたものは４例，側道形成は２例，レッジ形成は１例，穿孔は１例であった．なお，除去できた４例の照射回数の平均は95回，根表面の温度上昇は7.8℃であった．また，側道形成２例に要した照射回数の平均は83回で，根表面の温度上昇は7.6℃であった．

次に，図４から図７は実験２で得られた結果の代表例を示す．図４は，根尖側1/3に破折片が存在した場

表2．根中央部の破折片に対するレーザー照射結果

| 照射結果 | 例数 | 照射回数 | 温度上昇 |
|---|---|---|---|
| 除　去 | 0(0%) | — | — |
| 側道形成 | 7(87.5%) | 59* | 7.4℃* |
| レッジ形成 | 1(12.5%) | 36 | 9.1℃ |
| 穿　孔 | 0(0%) | — | — |

＊は平均値を示す　(n＝8)

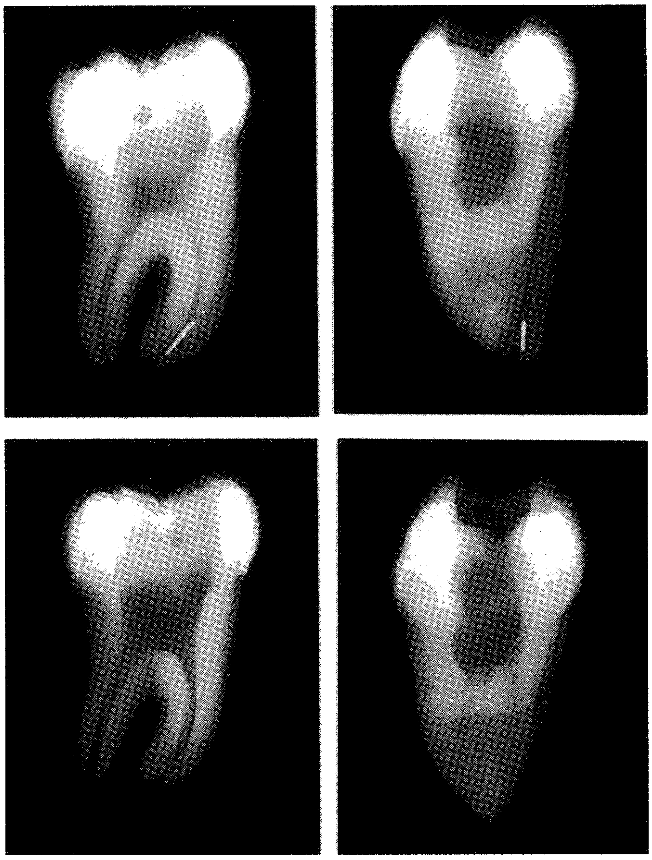
表3．根尖側1/3の破折片に対するレーザー照射結果

| 照射結果 | 例数 | 照射回数 | 温度上昇 |
|---|---|---|---|
| 除　去 | 4(50.0%) | 95* | 7.8℃* |
| 側道形成 | 2(25.0%) | 83* | 7.6℃* |
| レッジ形成 | 1(12.5%) | 36 | 9.6℃ |
| 穿　孔 | 1(12.5%) | 98 | 12.4℃ |

＊は平均値を示す　(n＝8)

術前X線写真

術後X線写真



頬舌側方向　近遠心方向

図4．根尖側1/3に破折片が存在する場合の除去例

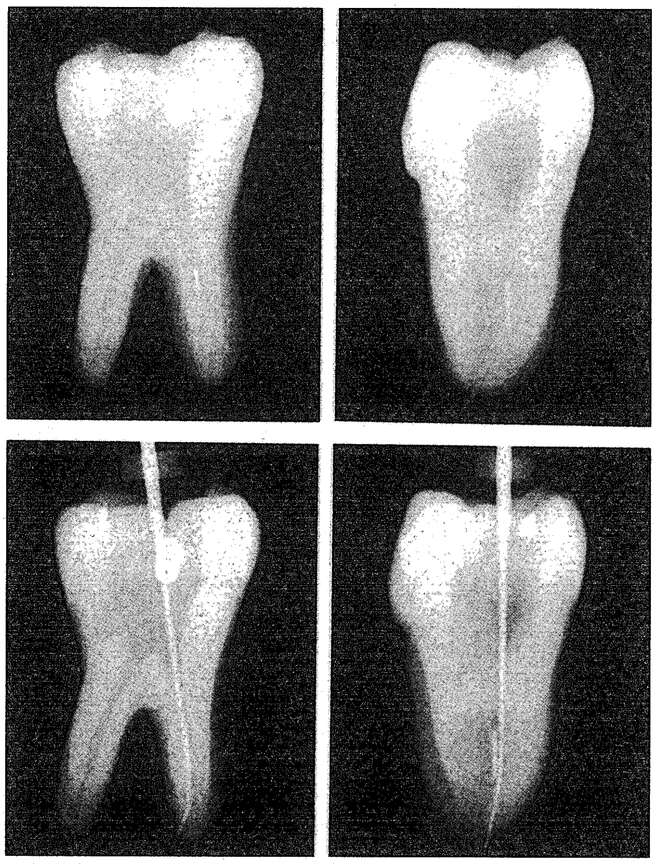
合の除去例を示し，図中の上段2枚は術前，下段はレーザー照射により破折片が完全に除去された術後のX線写真である．図5は，側道形成例を示し，図中上段は根中央部に人為的に，ファイルを破折させた術前X線写真である．この破折片にレーザーを照射したところ，図中下段に示すように，ファイルは完全に除去されなかったが，側道が形成された症例である．図6は，レッジ形成例を示し，図中上段は根尖側1/3に人為的に，ファイルを破折させた術前X線写真である．この破折片にレーザーを照射したところ，図中下段に示すように，ファイル断端部付近で，レッジが形成され，除去できなかった症例である．図7は，穿孔例を示し，図中上段は根尖側1/3の破折ファイルを示す．この破折ファイルにレーザーを照射したところ，根管の湾曲が強く，湾曲開始部から，直線的に穿孔した症例である．

## 考　察

日常の歯内療法処置において，リーマーやファイルによる根管の拡大，形成といった一連の操作は欠くことができない．さらに，拡大，形成をしなければならない根管はまっすぐなものばかりではなく，第二象牙質の添加や石灰化により，屈曲していたり狭窄していることが多い[7~9]．このような根管にリーマーやファイルなどの根管内切削器具を不用意に使用すると，根管内において破折する例が少なくない．根管内で破折したリーマーやファイルの除去には超音波やさまざまな器具が用いられている．しかし，その除去には多大な労力と時間を要し，時には穿孔等の偶発事故を起こすことがある．

術前X線写真

術後X線写真

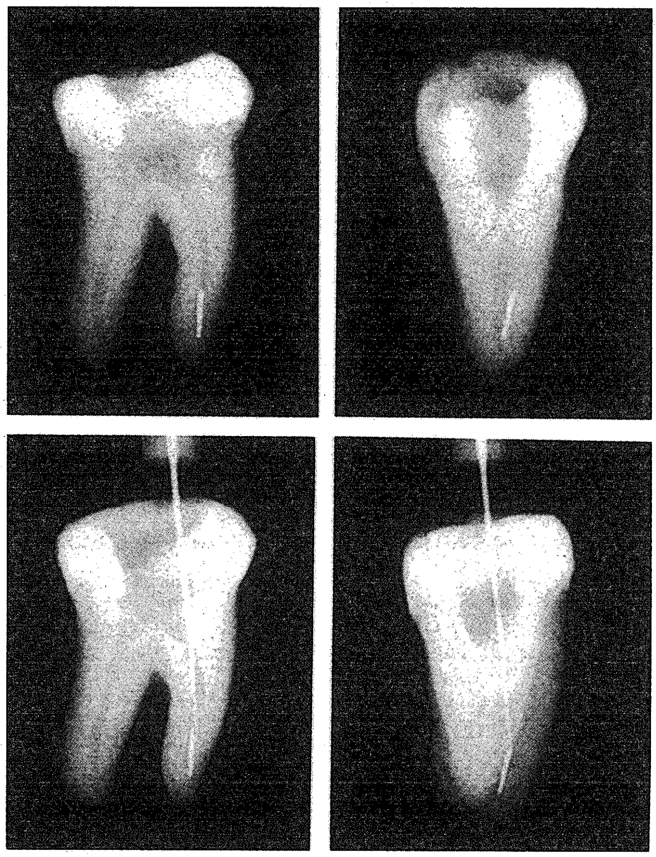


頬舌側方面　　頬舌側方面

図５．根中央部の破折片除去中に生じた側道形成例

術前X線写真

術後X線写真



頬舌側方向　　近遠心方向

図６．ファイル破折片除去時に生じたレッジ形成例

術前X線写真

術後X線写真

頬舌側方向　近遠心方向

図7．ファイル破折片除去時に生じた穿孔例

一方，さまざまなレーザー装置が開発され歯科領域への応用について種々検討[10~14]されているが，レーザーを用いた根管内破折器具の除去に関する報告は少ない．

そこで本研究では根管内破折器具にNd:YAGレーザーを照射し，その除去可能性について検討した．

現在臨床で使用されているステンレスファイルあるいはニッケルチタンファイルに，本レーザーを照射した場合，確実に光分解されることが実験1の結果より明らかになった．事実，実験2で根管内に破折させたステンレス製ファイルの25%は，レーザー照射による光分解で，完全に除去することができた．さらに，側道形成を含めると，80%以上が根尖にファイルが到達するようになり，破折片を有する根管の治療に，本レーザーの有用性が明らかとなった．なお，根尖側1/3に位置する破折片の方が，根中央部の破折片に比べ，除去率が高く，逆に根中央部の破折片には，側道形成率が高くなった．これは，下顎大臼歯近心根は，近遠心的に圧平された扁平根管であるため，根中央部ではファイルが根管にくいこんでいるにもかかわらず，その根管の頬側および舌側には，わずかな空間が存在し，レーザー光がその部位に逸れたため側道形成が可能となったものだと考えられる．しかし，根尖部近くでは，根管が円形となり，ファイルと根管との間に空間がなくなり，確実にレーザー光が照射されたものだと思われる．また，破折片の20%はレッジ形成や穿孔により除去困難であった．特に，根尖側1/3では，根管の湾曲程度や，ファイバーの追従性が除去結果に影響するため，細心の注意が必要であると考えられる．

一方，我々が行った根管内へのレーザー照射に伴う，根表面の温度上昇はいずれも10℃以下であった．この歯根表面の温度上昇に関して，レーザー以外の歯科用器具による温度上昇について検討されており，Saunders[15]らはエンジン用ドリルでポスト孔を形成した際には17.1～18.8℃の温度上昇がみられたと報告している．また，Fors[16]らはMcSpadden法によりガッタパーチャポイントで根管を充填した際に，8秒間で35℃の平均温度上昇を記録している．このように*In vitro*で10℃以上の温度上昇が生じる器具であっても，実際の臨床では用いられている．*In vivo*における温度上昇は，おそらく周囲の血流や歯根膜，歯槽骨の熱伝導によって抑制されるのであろうとFors[16]らは述べている．さらに，ErikssonとAlbrektsson[17]らは生体の温度を37℃附近とした場合，骨に対して47℃の熱刺激を1分間持続させても不可逆性の傷害は生じなかったと述べている．これらのことから，今回根管内破折器具の除去に用いたNd:YAGレーザーの照射条件は根尖部歯周組織に悪影響を及ぼすほどの温度上昇ではないと推察さ

れる．

今後は，さらに照射方法，条件などを検討することにより，より破折片の除去を確実にするとともに，レーザー照射に伴う根尖部歯周組織の影響について動物実験を行ない併せて検討していきたいと考えている．

## 結　論

根管内破折器具にNd:YAGレーザーを照射し，その除去可能性について検討したところ，以下の結論を得た．

1）ステンレスあるいはニッケルチタンK型ファイルに，本レーザーを照射した場合，確実に光分解されることが明らかになった．

2）抜去歯根中央部でファイルを人為的に破折させ，それにレーザー照射を行った場合，完全に除去されたものは0，側道形成は7例，レッジ形成は1例，穿孔は0であった．

3）抜去歯根尖側1/3でファイルを人為的に破折させ，レーザー照射を行った場合，完全に除去されたものは4例，側道形成は2例，レッジ形成は1例，穿孔は1例であった．

4）根管内へのレーザー照射に伴う，根表面の温度上昇はいずれも10℃以下であった．

以上のことから，Nd:YAGレーザーは根管内に破折した器具の除去に有効であることが示唆された．

## 文　献


1）砂田今男，長田　保：最新歯内治療アトラス，第1版，医歯薬出版，東京，320～324，1989.

2）Nagai, O., Tani, N., Kayaba, Y., Kodama, S. and Osada, T.: Ultrasonic removal of broken instrument in root canals. *Int. Endodon. J.*, **19**; 298～304, 1986.

3）篠田公敬，中嶋正人，関根一郎，向山嘉幸：根管内切削器具の破折とその除去に関する研究　第一報　破折部位に関する検討．日誌保存誌，**34**; 1470～1476, 1991.

4）Frentzen, M., Koort, H. J.: Lasers in dentistry: New possibilities with advancing laser technology?. *Int. Dent. J.*, **40**: 323～332, 1990.

5）Pearson, G. J., McDonald, A. V.: Use of infra-red and ultra-violet lasers in the removal of dental hard tissue. *Lasers in Medical Science.*, **9**: 227～237, 1994.

6）Boulnois, J. -L.: Photophysical processes in recent medical laser developments: a review. *Lasers in Medical Science*, **1**: 47～66, 1986.

7）小林幸男，川崎孝一：歯内療法を中心とした歯髄腔の臨床解剖(上)．歯界展望，**41**: 407～418, 1973.

8）小林幸男，川崎孝一：歯内療法を中心とした歯髄腔の臨床解剖(中)．歯界展望，**41**: 601～609, 1973.

9）小林幸男，川崎孝一：歯内療法を中心とした歯髄腔の臨床解剖(下)．歯界展望，**41**: 785～793, 1973.

10）川人貴子，後藤一美，片岡正俊，笠原信治，永田俊彦，石田　浩，若野洋一：ヒト根管象牙質に対するNd:YAGレーザーの殺菌効果及び為害性について．日歯保存誌，**35**: 1187～1192, 1991.

11）Tseng P, Gilkeson CF, Palmer J, Liew V: The bacteriocidal effect of a Nd: YAG laser in vitro. *J. Dent. Res.*, **70**: 650, 1991.

12）Levy G: Cleaning and shaping the root canal with a Nd: YAG laser beam: A comparative study. *J. Endodon.*, **18**: 123～127, 1992.

13）関根義郎，和達礼子，海老原　新，武田淳志，須田英明：Nd:YAGレーザーによる根管消毒―ウシ抜去歯を用いた基礎的研究―．日本レーザー歯学会雑誌，**6**: 31～39, 1995.

14）五味一博，小林禎子，中野雅子，山口博康，金指幹元，小鮒正明，藤田清子，新井　高，中村治郎：Er及びNd:YAG Laserの感染根管消毒効果について．日歯保存誌，**40**: 800～806, 1997.

15）Saunders, E. M., Saunders, W. P.: The heat generated on the external root surface during post space preparation. *Int. Endod. J.*, **22**: 169～173, 1989.

16）Fors, U., Jonasson, E., Bergquist, A., Berg, J. -O.: Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. *Int. Endod. J.*, **18**: 199～202, 1985.

17）Eriksson, A. R., Albrektsson, T.: Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury; A vital-microscopic study in the rabbit. *J. Prosthet. Dent.*, **50**: 101～107, 1983.

J. Gifu Dent. Soc.
Vol. 29, No. 3, 209～215
February 2003



# Removal of Fractured Instrument in Root Canal by Pulsed Nd : YAG Laser Irradiation

KIYOSHI IMAI, MASATO NAKASHIMA, KENICHI HIRATA and ICHIRO SEKINE

*Department of Endodontics and Operative Dentistry, Asahi University School of Dentistry*
*(Chief : Prof. ICHIRO SEKINE)*

**Key words** : Nd : YAG laser, File, Broken instrument, Removal

***Abstract*** *Fracture of root canal instruments is one of the most troublesome incidents in endodontic therapy. The purpose of this study was to investigate the ability of the pulsed Nd : YAG laser in removing broken instruments.*

*In the first experiment, the number of laser irradiation cycles required to decompose 3 mm tips of stainless steel and Ni-Ti K-files at an output of 900 mJ/1 pps was measured. In the second experiment, sixteen extracted human mandibular teeth were used. The 3 mm tip of a stainless steel K-file was fractured artificially at the middle or the apical third in the mesial root canal of a mandibular molar, and removal of the fractured instrument was attempted by pulsed Nd : YAG laser irradiation (output energy : 900 mJ/1 pps). In addition, the temperature elevation on the root surface was evaluated by thermography.*

*The results were as follows:*

1) *The number laser irradiation cycles required to decompose 3 mm tips of stainless steel and Ni-Ti K-file averaged 34 times and 45 times, respectively.*
2) *In 8 cases where the file was fractured artificially at the middle in the root canal, the fractured instruments were not completely removed by laser irradiation. The file tip was bypassed in 7 out of 8 cases and a ledge was created in one case by laser irradiation.*
3) *In 4 out of 8 cases where the file was fractured artificially at the apical third in the root canal, the fractured instruments were completely removed by laser irradiation. The file tip was bypassed in 2 cases and a ledge and perforation were created in one case each by laser irradiation. The temperature elevation on the root surface was below an average of 10℃ during laser irradiation.*

*Our results suggested that pulsed Nd : YAG laser was useful for the removal of the broken instrument in the root canal.*